

METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD A LA SEQUÍA (IVS)

Jesús Vargas y Pilar Paneque

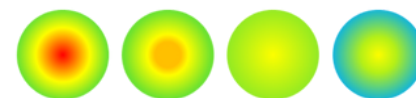


GOBIERNO
DE ESPAÑA

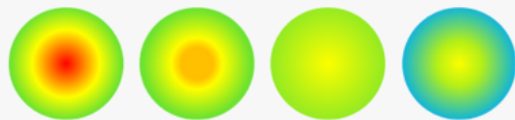
MINISTERIO
DE CIENCIA
E INNOVACIÓN



Observatorio Ciudadano de la Sequía
Citizen Observatory of Drought



Observatorio Ciudadano de la Sequía
Citizen Observatory of Drought



CON LA COLABORACIÓN DE

la Fundación Española para la Ciencia y la
Tecnología – Ministerio de Ciencia e Innovación



Autoría

Jesús Vargas
jvarmol@upo.es

Pilar Paneque
ppansal@upo.es

Diseño y maquetación

Amaranta Heredia Jaén
aherjae@upo.es

DOI

10.46661/rio.11699

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos su colaboración a todo el equipo del Observatorio Ciudadano de la Sequía.

Citar como: Vargas, J., & Paneque, P. (2021). Metodología para el cálculo del Índice de Vulnerabilidad a la Sequía (IVS). Observatorio Ciudadano de la Sequía. <https://dx.doi.org/10.46661/rio.11699>

**Para cualquier consulta,
no dude en ponerse en contacto
con el equipo.**

Contacto

<https://observasequia.es/>
ocsequia@gmail.com
[@ObserCiudSequia](https://twitter.com/ObserCiudSequia)

METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD A LA SEQUÍA (IVS)

Jesús Vargas y Pilar Paneque

Introducción

Las estrategias tradicionales de gestión de sequías se han basado en la consideración de estos fenómenos como actos de la naturaleza ante los que nada o poco se podía hacer. Desde este punto de vista, la sequía se considera como una situación excepcional y los principales instrumentos políticos utilizados mayoritariamente hasta el momento han sido medidas reactivas y de emergencia de carácter excepcional, infraestructuras para aumentar la oferta de recursos y compensaciones económicas por los daños y pérdidas ocasionados. Se trata del enfoque de la gestión de crisis (Wilhite, 2000; UNISDR, 2005; WMO & GWP, 2014), que se ha mostrado insuficiente para paliar las pérdidas: i) al limitar las soluciones a aspectos técnicos en cuyo diseño no existe evaluación de alternativas ni participación de grupos de interés (Iglesias et al., 2007); ii) al desviar la atención sobre las causas fundamentales que hacen que un descenso en las precipitaciones genere situaciones de escasez (Kallis, 2008), atribuyendo la causalidad de la sequía al fenómeno natural sin cuestionar la forma en que se gestiona y explota el recurso (Van Loon et al., 2016); iii) al producir un proceso de despolitización que además facilita priorizar las soluciones tecnológicas (Nevarez, 1996).

Posteriormente, emerge como alternativa el enfoque de la gestión de riesgos, de carácter proactivo y orientado a la preparación, prevención y mitigación de los impactos, que enfatiza la adaptación a la sequía (Paneque, 2015; Wilhite et al., 2000; Knutson et al., 1998). Este enfoque se centra en identificar dónde están las vulnerabilidades (sectores, regiones, comunidades o grupos de población determi-

nados) y en diseñar estrategias de mitigación y adaptación que disminuyen el riesgo asociado a sequías futuras.

Las evaluaciones de vulnerabilidad frente al riesgo de sequía suponen el primer paso para identificar las causas que generan los impactos y facilitar el cambio de paradigma hacia las estrategias de mitigación de las sequías (Knutson, 1998). En este sentido, en los últimos años se ha reconocido su importancia y ha habido un considerable aumento de evaluaciones de vulnerabilidad al riesgo de sequía, en las que la evaluación cuantitativa de la vulnerabilidad se realiza generalmente a través de la construcción de un índice compuesto (Iglesias et al., 2007; Swain & Swain, 2011; Liu et al., 2013; Naumman et al., 2014; De Stefano et al., 2015; Vargas & Paneque, 2017). Este tipo de índices son el resultado de la ponderación e integración de diferentes indicadores que varían de unos estudios a otros en función del contexto, la escala y los objetivos del trabajo. Esta alta diversidad dificulta la existencia de una metodología estandarizada o de un marco operacional comúnmente aceptado.

Por último, antes de entrar en la propuesta metodológica realizada desde el Observatorio Ciudadano de la Sequía, conviene precisar también que en este trabajo la escala para la que se propone el cálculo del Índice de Vulnerabilidad a la Sequía (IVS) es la Demarcación Hidrográfica (DH) y sus Subsistemas de Explotación (SE) al ser la escala utilizada por la planificación hidrológica en toda la Unión Europea. Las escalas subnacionales favorecen la inclusión de información más detallada, enfoques participativos y técnicas cualitativas que pueden ayudar a identificar las causas de la vulnerabilidad, así como la incorporación de herramientas más adecuadas para la mitigación de la sequía a nivel local (Cutter et al., 2009). La decisión de utilizar las escalas propias de la planificación hidrológica (DH y SE) responde a una doble lógica. Por un lado, desde la aprobación de la Directiva Marco del Agua (DMA) en el año 2000 y su trasposición al ordenamiento jurídico español en 2003, los documentos de planificación hidrológica han aumentado considerablemente la cantidad y calidad de la información disponible, aunque en muchos casos esta información no está siendo incorporada al ámbito de la investigación. Por otro lado, utilizar los datos y las escalas que utiliza la planificación hidrológica, y en la que se apoyan los decisores, facilita el diálogo entre el investigador y el gestor.

Desde el [Observatorio Ciudadano de la Sequía](#), como proyecto de ciencia ciudadana desarrollado en colaboración con la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT), que persigue avanzar en el mejor conocimiento del riesgo de se-

quía en España, compartimos esta propuesta metodológica para construir un índice de vulnerabilidad a la sequía que también resulta innovadora —además de por las cuestiones de escala, ya comentadas— por incorporar, entre otros, indicadores de percepción social y de opinión pública. El cálculo de este índice forma parte de una metodología más amplia que quiere favorecer el trabajo colaborativo y deliberativo para la construcción de los citados indicadores, así como para valorar distintas medidas de gestión del agua y de la sequía.

Metodología para la evaluación de la vulnerabilidad

Si partimos de la ecuación general del riesgo, este se define como el producto de la interacción entre la peligrosidad natural y la vulnerabilidad de las sociedades expuestas (Ecuación 1).

Para caracterizar la vulnerabilidad el marco metodológico de partida es el propuesto por el IPCC (2012, 2014), que define la vulnerabilidad en función de tres componentes (Ecuación 2).

Según la Ecuación 2, tanto la exposición como la sensibilidad se relacionan de forma directa con la vulnerabilidad. Es decir, a medida que la exposición y la sensibilidad aumentan, lo hace también la vulnerabilidad. Sin embargo, la capacidad de adaptación se relaciona de forma inversa con la vulnerabilidad. Es decir, a medida que aumenta la capacidad de adaptación, se reduce la vulnerabilidad.

Para caracterizar cada uno de los tres componentes de la vulnerabilidad (exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación), se han seleccionado una serie de variables e indicadores. A partir del cálculo de cada uno de los inidadores propuestos se procede a calcular un índice compuesto para cada una de las tres componentes de la vulnerabilidad. Una vez obtenidos los correspondientes índices compuestos de exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación, se integran en el indicador final de vulnerabilidad a la sequía (IVS). Todo este proceso metodológico se representa en la Figura 1.

En la Tabla 1 se muestran las diferentes variables e indicadores que se han seleccionado para caracterizar cada uno de los componentes de la vulnerabilidad.

Ecuación 1

$$\text{Riesgo} = \text{Peligro} * \text{Vulnerabilidad}$$

donde;

Riesgo = probabilidad de que un evento natural peligroso (en este caso, una sequía) genere daños a la sociedad o al medio ambiente.

Peligro = evento natural (o humano) que puede generar daño a la sociedad o el medio ambiente.

Vulnerabilidad = conjunto de características resultantes de la interacción entre lo social y lo natural, lo que hace que los grupos humanos sean susceptibles de sufrir daños como resultado de un peligro.

Ecuación 2

$$\text{Vulnerabilidad} = \text{Exposición} + \text{Sensibilidad} - \text{Cap. de adaptación}$$

donde;

Exposición = aquellos elementos (humanos, naturales y físicos) que pueden verse afectados por un evento natural peligroso.

Sensibilidad = características de los elementos expuestos que lo hacen más propenso a sufrir daños debido a un peligro natural.

Cap. de adaptación = conjunto de características y capacidades que permiten a una sociedad enfrentarse a la sequía mientras ocurre el fenómeno natural (respuesta a corto plazo), y aquellos que son parte de un proceso continuo de aprendizaje, experimentación y cambio en relación con la forma en la que estos fenómenos se enfrentan a través de la preparación, la prevención y la mitigación (respuesta a largo plazo).

Figura 1. Esquema metodológico para el cálculo del índice de vulnerabilidad a la sequía (IVS)

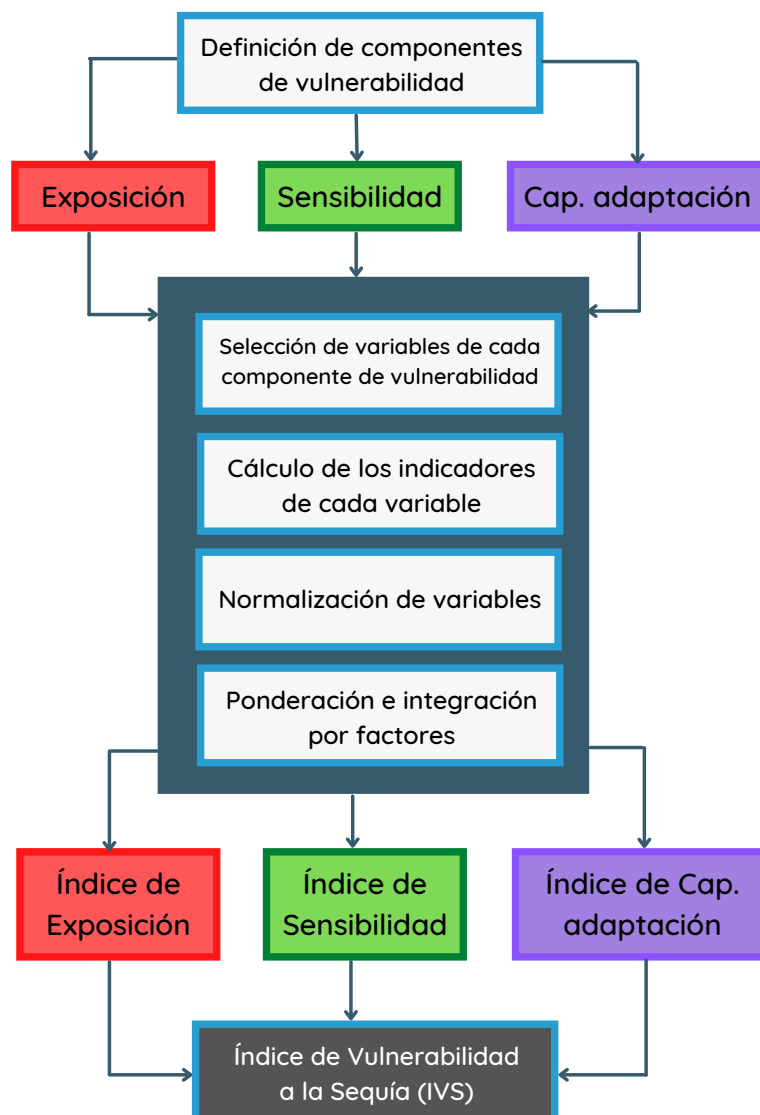


Tabla 1. Variables e indicadores seleccionados para caracterizar cada uno de los componentes de la vulnerabilidad

Variable		Indicador y unidad de medida
	Exposición humana	Densidad de población (habitantes equivalentes/Km ²)
	Exposición ecológica	Áreas protegidas (%)
	Exposición económica	Superficie de cultivos (1-0)
Sensibilidad	Estado de las masas de agua	Estado de las masas de agua (1-0)
	Origen del recurso	Origen del recurso (1-0)
	Nivel de explotación del recurso	WEI+ normalizado (1-0)
Capacidad de adaptación	Adaptación del plan hidrológico al cambio climático	Adaptación del plan hidrológico al cambio climático (1-0)
	Planes especiales de sequía (PES)	PES aprobados y en vigor (1-0)
	Planes de emergencia por sequía para abastecimientos urbanos (PEM)	PEM aprobados y en vigor (1-0)
	Capacidad de regulación	Capacidad de regulación (%)
	Capacidad de desalación	Capacidad de desalación (%)
	Capacidad de reutilización	Capacidad de reutilización (%)
	Capacidad de transferencias externas	Capacidad de trasvase (%)
	Percepción del cambio climático	Percepción del cambio climático (%)
	Percepción del riesgo de sequía	Percepción del riesgo de sequía (%)
	Confianza institucional	Confianza institucional (%)

Nota: las variables e indicadores seleccionados se encuentran en fase exploratoria por lo que en algún momento puede haber alguna modificación.

Una vez calculados los indicadores, estos deben ser normalizados entre 0 y 1 para poder integrarlos en los índices compuestos de exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación. Nótese que, como se ha comentado, la capacidad de adaptación se relaciona de forma inversa con la vulnerabilidad y, por tanto, tras calcular los indicadores, estos se normalizan entre -1 y 0 según la Ecuación 3.

Para integrar los diferentes indicadores ya normalizados en los índices compuestos de exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación se emplea el método de pesos iguales según las Ecuaciones 4, 5 y 6.

Ecuación 3

$$I_{(-1-0)} = -1 + (I_{0-1})$$

donde;

$I_{(-1-0)}$ = valor del indicador normalizado entre -1 y 0

$I_{(0-1)}$ = valor del indicador normalizado entre 0 y 1

Ecuación 4

$$IE = \frac{\sum I_{(1-n)}}{n}$$

donde;

IE = Índice compuesto de Exposición

n = nº total de indicadores de Exposición

$\sum I_{(1-n)}$ = sumatorio del valor normalizado de cada uno de los indicadores de Exposición

Ecuación 5

$$IS = \frac{\sum I_{(1-n)}}{n}$$

donde;

IS = Índice compuesto de Sensibilidad

n = nº total de indicadores de Sensibilidad

$\sum I_{(1-n)}$ = sumatorio del valor normalizado de cada uno de los indicadores de Sensibilidad

Ecuación 6

$$ICA = \frac{\sum I_{(1-n)}}{n}$$

donde;

ICA = Índice compuesto de Capacidad de Adaptación

n = nº total de indicadores de Capacidad de Adaptación

$\sum I_{(1-n)}$ = sumatorio del valor normalizado de cada uno de los indicadores de Capacidad de Adaptación

Una vez obtenidos los valores de cada uno de los índices compuestos de exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación se integran para obtener el valor del Índice de Vulnerabilidad a la Sequía (IVS) normalizado entre 0 y 1 según la Ecuación 7.

Ecuación 7

$$IVS = \frac{IE + IS - ICA}{3}$$

En la Tabla 2 se muestran los posibles escenarios derivados de los resultados obtenidos tras el cálculo de los índices de exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación, así como los escenarios resultantes para el IVS y el código de colores mediante el que se presenta cada uno de ellos en el [geovisor del Observatorio Ciudadano de la Sequía](#).

Tabla 2. Posibles valores tras el cálculo de los índices de exposición, sensibilidad, capacidad de adaptación y el Índice de Vulnerabilidad a la Sequía (IVS)

Valor	Índice de Exposición (IE)	Índice de Sensibilidad (IS)	Índice de Capacidad de Adaptación (ICA)	Índice de Vulnerabilidad a la Sequía (IVS)
0.20 ≤				muy bajo
(0.20, 0.40]				bajo
(0.40, 0.60]				moderado
(0.60, 0.80]				alto
> 0.80				muy alto

Metodología de cálculo de los diferentes indicadores seleccionados

El presente documento presenta la metodología de cálculo de los diferentes indicadores seleccionados para caracterizar cada una de las variables que componen los índices compuestos de exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación; y que se integran finalmente en el cálculo del Índice de Vulnerabilidad a la Sequía (IVS).

Para cada uno de los indicadores se ha elaborado una ficha con la siguiente información:

- **Definición:** breve definición del indicador propuesto.
- **Descripción:** descripción del indicador y su importancia en relación con el riesgo de sequía.
- **Referencia:** en el caso de que el indicador haya sido utilizado anteriormente.
- **Escala territorial:** escala territorial a la que se aplica el indicador.
- **Escala temporal:** escala temporal a la que se aplica el indicador.
- **Fuente de los datos:** fuente de información sobre los datos necesarios para el cálculo del indicador.
- **Cálculo:** metodología de cálculo del indicador.
- **Relación con la vulnerabilidad:** definición sobre como el indicador se relaciona con la vulnerabilidad (directamente o de forma inversa).

Los resultados obtenidos para cada uno de los indicadores pueden consultarse en: <https://observasequia.es/geovisor/>

Los indicadores propuestos han sido validados en diferentes casos de estudio, sin embargo, se encuentran en continua evolución y algunos de ellos todavía en fase experimental. Para cualquier consulta, duda o propuesta de mejora sobre los indicadores puede ponerse en contacto con los responsables del [Observatorio Ciudadano de la Sequía](#).

Ficha n.º 1: Densidad de población

DP: Densidad de población (hab. equivalentes/Km²)	
Definición	Relación entre la población total equivalente (población permanente más población estacional) y la superficie.
Descripción	Este indicador es una medida del número de personas (habitantes equivalentes) que podrían verse afectadas por la sequía en el área de análisis.
Referencia	Cutter (2003).
Escala territorial	Sistema de Explotación (SE) y Demarcación Hidrográfica (DH).
Escala temporal	Plan hidrológico en vigor.
Fuente de datos	Planes hidrológicos de demarcación en vigor.
Cálculo	$DP = \frac{P_{equi}}{S}$ <p>donde; P_{equi} = Población equivalente (habitantes) S = Superficie (Km²)</p>
Relación con la vulnerabilidad	Relación directa con la exposición y la vulnerabilidad, de manera que cuanto mayor sea el indicador, mayor será la exposición social y, por tanto, la vulnerabilidad.

Ficha n.º 2: Áreas protegidas

AP: Áreas protegidas (%)	
Definición	Relación entre la superficie de espacios protegidos asociados a masas de agua y la superficie total.
Descripción	Este indicador mide la superficie total de espacios protegidos que podrían verse afectados por una sequía.
Referencia	No utilizado previamente en el análisis de vulnerabilidad a la sequía.
Escala territorial	Sistema de Explotación (SE) y Demarcación Hidrográfica (DH).
Escala temporal	Plan hidrológico en vigor.
Fuente de datos	Planes hidrológicos de demarcación en vigor.
Cálculo	$AP = \frac{S_{ap}}{S}$ <p>donde; S_{ap} = Superficie de áreas protegidas asociadas a masas de agua (Km²) S = Superficie (Km²)</p>
Relación con la vulnerabilidad	Relación directa con la exposición y la vulnerabilidad, de manera que cuanto mayor sea el indicador, mayor será la exposición ecológica y, por tanto, la vulnerabilidad.

Ficha n.º 3: Superficie de cultivos

SC: Superficie de cultivos (1-0)

Definición	Relación entre la superficie dedicada a los cultivos de secano y de regadío y la superficie total.
Descripción	Este indicador relaciona la superficie de secano y regadío de cada unidad de análisis aplicando un factor de ponderación que integra los diferentes efectos (económicos y temporales) que la sequía tiene sobre estos cultivos.
Referencia	No utilizado previamente en el análisis de vulnerabilidad a la sequía.
Escala territorial	Sistema de Explotación (SE) y Demarcación Hidrográfica (DH).
Escala temporal	Plan hidrológico en vigor.
Fuente de datos	Planes hidrológicos de demarcación en vigor.
Cálculo	<p>donde;</p> $SC = \frac{S_s + S_r * 1.25}{S}$ <p> S_s = Superficie de secano (Ha) S_r = Superficie de regadío (Ha) S = Superficie total (Ha) </p>
Relación con la vulnerabilidad	Relación directa con la exposición y la vulnerabilidad, de manera que cuanto mayor sea el indicador mayor será la exposición económica y, por tanto, la vulnerabilidad.

Ficha n.º 4: Estado de las masas de agua (EMA)

EMA: Estado masas de agua (1-0)

<

Ficha n.º 5: Origen del recurso

OR: Origen del recurso (1-0)	
Definición	Grado de distribución de origen del recurso (superficial, subterráneo, reutilización, desalación) de las fuentes de agua utilizadas para la satisfacción de las demandas.
Descripción	Este indicador caracteriza la sensibilidad de una determinada demanda de agua mediante el grado de diversidad de los recursos a partir de los cuales se abastece (superficial, subterráneo, reutilización y desalación).
Referencia	No utilizado previamente en el análisis de vulnerabilidad a la sequía.
Escala territorial	Sistema de Explotación (SE) y Demarcación Hidrográfica (DH).
Escala temporal	Plan hidrológico en vigor.
Fuente de datos	Planes hidrológicos de demarcación en vigor.
Cálculo	$OR = \frac{R_{sup}}{R_{tot}} * 0.6 + \frac{R_{sub}}{R_{tot}} * 0.3 + \frac{R_{des}}{R_{tot}} * 0 + \frac{R_{reu}}{R_{tot}} * 0.1$ <p>donde;</p> <p>R_{sup} = Recursos superficiales (hm³)</p> <p>R_{sub} = Recursos subterráneos (hm³)</p> <p>R_{des} = Recursos de desalación (hm³)</p> <p>R_{reu} = Recursos de reutilización (hm³)</p> <p>R_{tot} = Recursos totales (hm³)</p>
Relación con la vulnerabilidad	Relación directa con la sensibilidad y la vulnerabilidad, de manera que cuanto mayor sea el indicador mayor será la sensibilidad y, por tanto, la vulnerabilidad.

Ficha n.º 6: WEI +

WEI+: Water Exploitation Index normalizado (%)	
Definición	Medida de la intensidad de la presión sobre los recursos hídricos naturales de un territorio determinado. Se define como la captación total anual de agua como porcentaje de los recursos de agua dulce disponibles a largo plazo. Además, se añade la variable de los recursos de agua desalada al indicador por la importancia que puede tener en algunas regiones o sistemas concretos.
Descripción	Este indicador relaciona el nivel de captación total de recursos hídricos para todos los usos (consuntivos y no consuntivos) respecto al volumen total de recursos disponibles. El Plan Hidrológico de Demarcación ofrece datos una vez descontados los volúmenes reservados para caudales ambientales y teniendo en cuenta los volúmenes de retorno.
Referencia	De Stefano et al. (2015); EEA (2012); Iglesias et al. (2007).
Escala territorial	Sistema de Explotación (SE) y Demarcación Hidrográfica (DH).
Escala temporal	Plan hidrológico en vigor.
Fuente de datos	Planes hidrológicos de demarcación en vigor.
Cálculo	$WEI = \frac{W - S}{Q} * 100$ <p>donde;</p> <p>W = Demanda de agua (hm³)</p> <p>S = Recursos procedentes de desalación (hm³)</p> <p>Q = Recursos disponibles (externos + propios) (hm³)</p>
Relación con la vulnerabilidad	Relación directa con la exposición y la vulnerabilidad, de manera que cuanto mayor sea el indicador mayor será la sensibilidad y, por tanto, la vulnerabilidad.

Ficha n.º 7: Adaptación del Plan Hidrológico al cambio climático

ACC: Adaptación de plan hidrológico al cambio climático (1-0)

Definición

Descripción

Referencia

Escala territorial

Escala temporal

Fuente de datos

Cálculo

Relación con la vulnerabilidad

Grado de integración y adecuación de las predicciones de cambio climático en el plan hidrológico de demarcación.

De acuerdo a los modelos de cambio climático realizados por el IPCC en 2007, el CEDEX ha publicado en los años 2012 y 2017 sendos informes de evaluación de los efectos que produciría el cambio climático en el recurso agua y en las sequías; entre otros, un aumento de la temperatura, la evapotranspiración y una disminución de las precipitaciones y la escorrentía. Las consecuencias de estos cambios sobre los recursos hídricos, según dichos informes son el aumento generalizado de las demandas de agua (doméstica y agraria), la disminución de los recursos disponibles y un empeoramiento del estado ecológico de las masas de agua superficiales tipo río (el resto de las masas de agua no han sido evaluadas). Este indicador evalúa la inclusión de estas previsiones en la planificación hidrológica por el agravante que pueden suponer en sequías futuras.

No utilizado previamente en el análisis de vulnerabilidad a la sequía.

Sistema de Explotación (SE) y Demarcación Hidrográfica (DH).

Plan hidrológico en vigor.

Estudio de los impactos del cambio climático en los recursos hídricos y las masas de agua (CEDEX, 2012). Evaluación de los impactos del cambio climático sobre los recursos hídricos y las sequías (CEDEX, 2017). Planes hidrológicos de demarcación en vigor.

	SÍ (0.15)	NO (0)
Cambio climático en ETI	0.15	0
Sequía en ETI	0.15	0
Disminución recursos	0.15	0
Aumento demanda	0.15	0
Empeoramiento masas de agua	0.15	0
Medidas en Programa de medidas	0.15	0

Relación directa con la capacidad de adaptación e inversa con la vulnerabilidad, de manera que cuanto mayor sea el indicador mayor será la capacidad de adaptación y, por tanto, menor la vulnerabilidad.

Ficha n.º 8: Planes Especiales de Sequía (PES)

PES: Planes Especiales de Sequía aprobados y en vigor (1-0)	
Definición	Evaluación del estado administrativo de los Planes Especiales de Sequía (PES).
Descripción	Los planes especiales de alerta y eventual sequía (PES) son la principal herramienta para la gestión del riesgo de sequía a escala de demarcación hidrográfica. Así lo reconoce el artículo 27. Gestión de las sequías, de la Ley 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional.
Referencia	No utilizado previamente en el análisis de vulnerabilidad a la sequía.
Escala territorial	Sistema de Explotación (SE) y Demarcación Hidrográfica (DH).
Escala temporal	Plan especial de alerta y eventual sequía en vigor.
Fuente de datos	Planes especiales de alerta y eventual sequía de las demarcaciones hidrográficas.
Cálculo	Este indicador se calcula de forma dicotómica. Si la demarcación hidrográfica correspondiente tiene en vigor aprobado el PES de acuerdo al último Plan hidrológico de demarcación, el indicador adquiere un valor de 1, si por el contrario no tiene en vigor el PES de acuerdo al Plan hidrológico de demarcación vigente, el indicador adquiere un valor de 0.
Relación con la vulnerabilidad	Relación directa con la capacidad de adaptación e inversa con la vulnerabilidad, de manera que cuanto mayor sea el indicador mayor será la capacidad de adaptación y, por tanto, menor la vulnerabilidad.

Ficha n.º 9: Planes de Emergencia por Sequía (PEM)

PEM: Planes de Emergencia por Sequía aprobados y en vigor (1-0)	
Definición	Evaluación del estado administrativo de los planes de emergencia por sequía en los abastecimientos urbanos (PEM).
Descripción	Los planes de emergencia por sequía en los abastecimientos urbanos son la principal herramienta para la gestión del riesgo de sequía en los abastecimientos urbanos. Así lo reconoce el artículo 27. Gestión de las sequías, de la Ley 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional.
Referencia	No utilizado previamente en el análisis de vulnerabilidad a la sequía.
Escala territorial	Sistema de Explotación (SE) y Demarcación Hidrográfica (DH).
Escala temporal	Última actualización de los planes de abastecimientos urbanos.
Fuente de datos	Planes especiales de alerta y eventual sequía de las demarcaciones hidrográficas y abastecimientos urbanos.
Cálculo	<div>donde;</div> $PEM = \frac{A_{pem}}{A_{opem}}$ <div>A_{pem} = Abastecimientos urbanos con PEM en vigor A_{opem} = Abastecimientos urbanos con obligación de elaborar PEM</div>
Relación con la vulnerabilidad	Relación directa con la capacidad de adaptación e inversa con la vulnerabilidad, de manera que cuanto mayor sea el indicador, mayor será la capacidad de adaptación y por tanto, menor la vulnerabilidad.

Ficha n.º 10: Capacidad de regulación

CREG: Capacidad de regulación (%)	
Definición	Relación entre la capacidad total de los recursos superficiales regulados en relación a las demandas asociadas a dichas reservas.
Descripción	Este indicador hace referencia a la capacidad de las infraestructuras de reserva de agua para resistir las fluctuaciones de agua, lo que permite tener una idea de la capacidad de regulación de las infraestructuras para soportar un período de descenso de las precipitaciones sin sufrir consecuencias graves.
Referencia	Hamouda et al. (2009).
Escala territorial	Sistema de Explotación (SE) y Demarcación Hidrográfica (DH).
Escala temporal	Plan hidrológico en vigor.
Fuente de datos	Planes hidrológicos de demarcación en vigor.
Cálculo	<div>donde;</div> $CREG = \frac{QD}{S}$ <div>$CREG$ = Capacidad de Regulación (%) QD = Volumen demanda consuntiva (hm³/año) S = Volumen de almacenamiento (hm³/año)</div>
Relación con la vulnerabilidad	Relación directa con la capacidad de adaptación y por tanto inversa con la vulnerabilidad. Cuanto mayor es la capacidad de regulación mayor es la capacidad para superar un periodo de descenso de las precipitaciones y por tanto mayor la capacidad de hacer frente a la sequía sin sufrir afecciones sobre las demandas.

Ficha n.º 11: Capacidad de desalación

CDES: Capacidad de desalación (%)	
Definición	Relación entre la capacidad total de aportación de recursos hídricos provenientes de plantas desaladoras respecto al total de las demandas.
Descripción	La capacidad de aportación de recursos hídricos por medio de fuentes alternativas como la desalación aumenta la disponibilidad de recursos de manera independiente a las precipitaciones y por tanto supone una garantía para la atención de demandas en situaciones de sequía.
Referencia	El Plan Especial de Alerta y Eventual Sequía de la Cuencas Mediterráneas incluye la desalación como un indicador de valoración, cuya finalidad es aportar información complementaria a los gestores del sistema para valorar la incidencia de la sequía y la viabilidad de las posibles medidas correctoras en los abastecimientos. El Plan Especial de Alerta y Eventual Sequía de la CHG incluye como indicador de estado el "buen estado de las desaladoras".
Escala territorial	Sistema de Explotación (SE) y Demarcación Hidrográfica (DH).
Escala temporal	Plan hidrológico en vigor.
Fuente de datos	Planes hidrológicos de demarcación en vigor.
Cálculo	<p>donde;</p> $CDES = \frac{DES}{QD} * 100$ <p>$CDES$ = Capacidad de Desalación (%) QD = Volumen demanda consuntiva (hm³/año) DES = Volumen de recursos disponibles por desalación (hm³/año)</p>
Relación con la vulnerabilidad	Relación directa con la capacidad de adaptación y por tanto inversa con la vulnerabilidad. Cuanto mayor es la capacidad de desalación mayor es la independencia de las precipitaciones para satisfacer las demandas en una situación de sequía y por tanto mayor la capacidad de adaptarse y hacer frente a un período de restricciones de recursos convencionales y menor la vulnerabilidad del sistema.

Ficha n.º 12: Capacidad de reutilización

CREU: Capacidad de reutilización (%)	
Definición	Relación entre la capacidad total de aportación de recursos hídricos provenientes de reutilización respecto a las demandas totales.
Descripción	La capacidad de aportación de recursos hídricos por medio de fuentes alternativas como la reutilización pueden aumentar y/o garantizar la disponibilidad de recursos en una situación de sequía. Pese a que el uso del agua no está permitido para algunos usos, la utilización de estos recursos sí permite satisfacer demandas con exigencias de calidad menores y permitir el ahorro de recursos de mejor calidad.
Referencia	No utilizado previamente en el análisis de vulnerabilidad a la sequía.
Escala territorial	Sistema de Explotación (SE) y Demarcación Hidrográfica (DH).
Escala temporal	Planes hidrológicos en vigor.
Fuente de datos	Planes hidrológicos de demarcación en vigor.
Cálculo	<p>donde;</p> $CREU = \frac{REU}{QD} * 100$ <p>$CREU$ = Capacidad de Reutilización QD = Volumen demanda consuntiva (hm³/año) REU = Volumen de recursos disponibles por reutilización (hm³/año)</p>
Relación con la vulnerabilidad	Relación directa con la capacidad de adaptación y por tanto inversa con la vulnerabilidad. Cuanto mayor es la capacidad de reutilización mayor es la flexibilidad del sistema para hacer frente a una sequía.

Ficha n.º 13: Capacidad de trasvase

CTR: Capacidad de trasvase (%)	
Definición	Relación entre la capacidad total de aportación de recursos hídricos provenientes de transferencias externas respecto al total de las demandas.
Descripción	La capacidad de aportación de recursos hídricos a través de transferencias externas aumentan la disponibilidad de recursos de manera independiente a las precipitaciones locales y por tanto supone una garantía para la atención de demandas en situaciones de sequía.
Referencia	No utilizado previamente en el análisis de vulnerabilidad a la sequía.
Escala territorial	Sistema de Explotación (SE) y Demarcación Hidrográfica (DH).
Escala temporal	Planes hidrológicos en vigor.
Fuente de datos	Planes hidrológicos de demarcación en vigor.
Cálculo	<p>donde;</p> $CTR = \frac{VTR}{QD} * 100$ <p>CTR = Capacidad de Desalación QD = Volumen demanda consuntiva (hm³/año) VTR = Volumen de recursos trasvasados (hm³/año)</p>
Relación con la vulnerabilidad	Relación directa con la capacidad de adaptación e inversa con la vulnerabilidad, de manera que cuanto mayor sea el indicador, mayor será la capacidad de adaptación y por tanto, menor la vulnerabilidad.

Ficha n.º 14: Percepción del cambio climático

PCC: Percepción del cambio climático (%)	
Definición	Grado de preocupación por el cambio climático de la población
Descripción	Las últimas previsiones de cambio climático realizadas por el IPCC (2007, 2012, 2014, 2021) auguran un aumento en la frecuencia e intensidad de las sequías en las regiones del sur de Europa. La percepción de una sociedad sobre las posibles consecuencias futuras del cambio climático supone un elemento clave para la adaptación a largo plazo frente a este tipo de riesgo.
Referencia	No utilizado previamente en el análisis de vulnerabilidad a la sequía.
Escala territorial	Sistema de Explotación (SE) y Demarcación Hidrográfica (DH).
Escala temporal	Actual.
Fuente de datos	<u>Cuestionario</u> insertado en el geovisor del Observatorio Ciudadano de la Sequía.
Cálculo	<p>Pregunta: ¿Considera Ud. que en los últimos años estamos asistiendo a un cambio en el clima del planeta producido por la emisión de gases de efecto invernadero? Posibles respuestas: Sí, es un problema actual / No, pero será un problema en el futuro / No, creo que no es ni será un problema / NS / NC.</p> $PCC = \frac{n.^{\circ} \text{ respuestas "Sí, es un problema actual"}}{n.^{\circ} \text{ respuestas totales}} * 100$
Relación con la vulnerabilidad	Relación directa con la capacidad de adaptación e inversa con la vulnerabilidad, de manera que cuanto mayor sea el indicador, mayor será la capacidad de adaptación y por tanto, menor la vulnerabilidad.

Ficha n.º 15: Percepción del riesgo de sequía

PRS: Percepción del riesgo de sequía (%)	
Definición	Grado de preocupación por la sequía de la población.
Descripción	La manera en cómo se percibe e interpreta un problema condiciona en gran medida la manera de afrontarlo. Cuanto mayor sea el conocimiento y la percepción de la sequía en una determinada sociedad, mayor será su disposición a tomar medidas para mitigar sus efectos.
Referencia	No utilizado previamente en el análisis de vulnerabilidad a la sequía.
Escala territorial	Sistema de Explotación (SE) y Demarcación Hidrográfica (DH).
Escala temporal	Actual.
Fuente de datos	<u>Cuestionario</u> insertado en el geovisor del Observatorio Ciudadano de la Sequía.
Cálculo	<p>Pregunta: Del siguiente listado de problemas relacionados con el agua, ¿podría decirme los dos más importantes que, en su opinión, tiene hoy su cuenca/demarcación?</p> $PRS = \frac{n.^{\circ} \text{ respuestas sequía como 1}^{\text{er}} \text{ o } 2^{\circ} \text{ problema}}{n.^{\circ} \text{ respuestas totales}} * 100$
Relación con la vulnerabilidad	Relación directa con la capacidad de adaptación e inversa con la vulnerabilidad. Cuanto mayor es la percepción y la preocupación por la sequía mayor será la disposición para afrontarla y por tanto mayor la capacidad de adaptación y menor la vulnerabilidad de la población a la sequía.

Ficha n.º 16: Confianza institucional

CI: Confianza institucional (%)	
Definición	Nivel de confianza de la población en las instituciones.
Descripción	La confianza que la población tiene en las instituciones para ejercer la autoridad y cumplir y hacer cumplir las leyes, así como para garantizar la seguridad es un aspecto clave en la capacidad de adaptación a los riesgos naturales.
Referencia	Lafuente et al. (2018)
Escala territorial	Sistema de Explotación (SE) y Demarcación Hidrográfica (DH)
Escala temporal	Actual
Fuente de datos	<u>Cuestionario</u> insertado en el geovisor del Observatorio Ciudadano de la Sequía.
Cálculo	<p>Pregunta: ¿Podría decirme qué grado de confianza le merece las siguientes instituciones a la hora de ofrecer soluciones a los problemas del medio ambiente?"</p> $CI = \frac{n.^{\circ} \text{ respuestas "muchísima confianza" o "bastante confianza"}}{n.^{\circ} \text{ respuestas totales}} * 100$
Relación con la vulnerabilidad	Relación directa con la capacidad de adaptación y por tanto inversa con la vulnerabilidad. Cuanto mayor sea el valor del indicador, mayor la confianza en las instituciones y por tanto menor la vulnerabilidad.

Bibliografía



Cutter, S. L., Emrich, C. T., Webb, J. J., & Morath, D. (2009). Social vulnerability to climate variability hazards: A review of the literature (Final Report to Oxfam America). Hazards and Vulnerability Research Institute & University of South Carolina.

De Stefano, L., González Tánago, I., Ballesteros, M., & Urquijo, J. (2015). Methodological approach considering different factors influencing vulnerability – pan-European scale (DROUGHTR&SPI Technical report no 26).

EEA (European Environment Agency) (2012). Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2012 An indicator-based report (EEA Report No 12/2012). <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/c42b2390-451f-475c-b0a4-7ff14aeae45/language-en>

Hamouda, M., Nour Eldin, M., & Mousry, I. (2009). Vulnerability assessment of water resources systems in the eastern Nile Basin. Water Resources Management, 23, 2697-2725. <https://doi.org/10.1007/s11269-009-9404-7>

Iglesias, A., Moneo, M., & Quiroga, S. (2007). Methods for evaluating social vulnerability to drought [Part 1. Components of drought planning. 1.3. Methodological component]. In: A. Iglesias, M. Moneo & A. López-Francos (Eds.), Drought management guidelines technical annex (pp. 129-133). Zaragoza: CIHEAM/EC MEDA.

<http://om.ciheam.org/om/pdf/b58/00800538.pdf>

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate change) (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Edited by V. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu & B. Zhou]. Cambridge University Press. In Press.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate change) (2014). Climate Change 2014: Synthesis Report (Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change) [Core Writing Team, R.K. Pachauri & L.A. Meyer (eds.)]. IPCC. <https://archive.ipcc.ch/report/ar5/syr/>

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate change) (2012). Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. Edited by C.B. Field, V. Barros, T. F. Stocker, D. Qin, D. J. Dokken, K. L. Ebi, M. D. Mastrandrea, K. J. Mach, G.-K. Plattner, S. K. Allen, M. Tignor & P. M. Midgley (Eds.). Cambridge University Press. <https://www.ipcc.ch/report/managing-the-risks-of-extreme-events-and-disasters-to-advance-climate-change-adaptation/>

Kallis, G. (2008). Droughts. Annual Review of Environment and Resources, 33, 85-118. <https://doi.org/10.1146/annurev.enviro.33.081307.123117>

Knutson, C., Hayes, M. J., & Philips, T. (1998). How to Reduce Drought Risk (Drought Mitigation Center Faculty Publications, 168). Western Drought Coordination Council. https://digitalcommons.unl.edu/droughtfacpub/168?utm_source=digitalcommons.unl.edu%2Fdroughtfacpub%2F168&utm_medium=PDF&utm_campaign=PDFCoverPages

Lafuente, R., Paneque, P., & Vargas, J. (2018). The role played by environmental concern and institutional trust in changing public preferences for water management. *Environmental Policy and Governance*, 28(6), 441-452. <https://doi.org/10.1002/eet.1808>

Ley 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional. https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/planificacion-hidrologica/ley102001planhidrologiconacional_tcm30-98555.pdf

Liu, X., Wang, Y., Peng, J., Braimoh, A., & Yin, H. (2013). Assessing vulnerability to drought based on exposure, sensitivity and adaptive capacity: a case study in middle Inner Mongolia of China. *Chinese Geographical Science* volume, 23, 13-25. <https://doi.org/10.1007/s11769-012-0583-4>

Naumann, G., Barbosa, P., Garrote, L., Iglesias, A., & Vogt, J. (2014). Exploring drought vulnerability in Africa: an indicator based analysis to be used in early warning systems. *Hydrology and Earth System Sciences*, 18(5), 1591-1604. <https://doi.org/10.5194/hess-18-1591-2014>

Nevarez, L. (1996). Just wait until there's a drought: mediating environmental crises for urban growth. *Antipode*, 28(3), 246-272. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8330.1996.tb00462.x>

Swain, M., & Swain, M. (2011). Vulnerability to agricultural drought in western Orissa: a case study of representative blocks. *Agricultural Economics Research Review*, 24(1), 47-56. <http://www.indianjournals.com/ijor.aspx?target=ijor:aerr&volume=24&issue=1&article=005>

UNISDR (2005). Drought. Living with risk: an integrated approach to reduce societal vulnerability to drought. ISDR Ha Doc Discussion group on drought. <https://www.unisdr.org/2005/task-force/tf-adhoc/droughts/WGD-doc1.pdf>

Van Loon, A., Stahl, K., Di Baldassarre, G., Clark, J., Rangecroft, S., Wanders, N., Gleeson, T., Albert, I. J. M. V. D., Tallaksen, L. M., Hannaford, J., Uijlenhoet, R., Teuling, A. J., Hannah, D. M., Sheffield, J., Svoboda, M., Verbeiren, B., Wagener, T., & Henny, A. J. V. L. (2016). Drought in a human-modified world: Reframing drought definitions, understanding, and analysis approaches. *Hydrology and Earth System Sciences*, 20(9), 3631-3650. <https://doi.org/10.5194/hess-2016-251>

Vargas, J., & Paneque, P. (2017). Methodology for the analysis of causes of drought vulnerability on river basin scale. *Natural Hazards*, 89, 609-621. <https://doi.org/10.1007/s11069-017-2982-4>

Wilhite, D. (2000). *Drought: A global assessment*. Routledge.

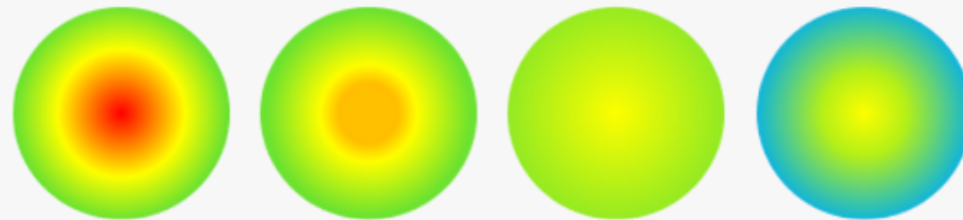
Wilhite, D., Hayes, M., Knutson, C., & Smith, K. H. (2000). Planning for drought: moving from crisis to risk management. *Journal of the American Water Resources Association*, 36(4), 697-710. <https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.2000.tb04299.x>

WMO & GWP (World Meteorological Organization and Global Water Partnership (2014). *National Drought Management Policy Guidelines: A Template for Action* (Edited by D.A. Wilhite). Integrated Drought Management Programme (IDMP), Tools and Guidelines Series 1. WMO, & GWP.

https://www.droughtmanagement.info/literature/IDMP_NDMPG_en.pdf

Observatorio Ciudadano de la Sequía

Citizen Observatory of Drought



2021